



⑯ Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



⑮ Veröffentlichungsnummer: 0 465 940 A2

5

⑯

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑯ Anmeldenummer: 91110636.7

⑯ Int. Cl. 5: C08L 59/00, C08K 3/08,  
B22F 3/22

⑯ Anmeldetag: 27.06.91

⑯ Priorität: 07.07.90 DE 4021739

⑯ Anmelder: BASF Aktiengesellschaft  
Carl-Bosch-Strasse 38  
W-6700 Ludwigshafen(DE)

⑯ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
15.01.92 Patentblatt 92/03

⑯ Erfinder: Ebenhoech, Johan, Dr.  
Klagenfurter Strasse 1  
W-6700 Ludwigshafen(DE)  
Erfinder: Weinand, Dieter, Dr.  
Franz-Schweitzer-Strasse 15  
W-6731 St. Martin(DE)  
Erfinder: Kochanek, Wolfgang, Dr.  
Freiheitsstrasse 57  
W-6730 Neustadt(DE)  
Erfinder: Bloemacher, Martin  
Im hohen Weg 26  
W-6701 Meckenheim(DE)

⑯ Benannte Vertragsstaaten:  
BE CH DE FR GB IT LI NL SE

⑯ Thermoplastische Massen für die Herstellung metallischer Formkörper.

⑯ Thermoplastische Massen für die Herstellung metallischer Formkörper, enthaltend

A) 40 - 70 Vol.% eines sinterbaren pulverförmigen Metalls oder einer pulverförmigen Metallegierung oder deren Mischungen,

B) 30 - 60 Vol.% einer Mischung aus

B1) 50 - 100 Gew.-% eines Polyoxymethylenhomo- oder -copolymerisats und

B2) 0 - 50 Gew.-% eines mit B1) nicht mischbaren Polymerisats, das sich thermisch ohne Rückstand entfernen lässt oder eine Mischung solcher Polymeren

als Bindemittel, und

C) 0 - 5 Vol.% eines Dispergierhilfsmittels.

EP 0 465 940 A2

## EP 0 465 940 A2

Die vorliegende Erfindung betrifft thermoplastische Massen für die Herstellung metallischer Formkörper, enthaltend

A) 40 - 70 Vol.% eines sinterbaren pulverförmigen Metalls oder einer pulverförmigen Metalllegierung oder deren Mischungen,

5 B) 30 - 60 Vol.% einer Mischung aus

B1) 50 - 100 Gew.-% eines Polyoxymethylenhomo- oder -copolymerisats und

B2) 0 - 50 Gew.-% eines mit B1) nicht mischbaren Polymerisats, das sich thermisch ohne Rückstand entfernen läßt oder eine Mischung solcher Polymeren

als Bindemittel, und

10 C) 0 - 5 Vol.% eines Dispergierhilfsmittels.

Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung solcher Massen. Außerdem betrifft die Erfindung die Verwendung derartiger thermoplastischer Massen zur Herstellung von metallischen Formkörpern sowie die metallischen Formkörper selbst. Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zur Entfernung des Bindemittels aus einem Formkörper aus einer derartigen thermoplastischen Masse.

15 Es ist bekannt, Formteile aus anorganischen Materialien dadurch herzustellen, daß man ein Keramikpulver oder ein Metallpulver mit einem thermoplastischen Harz vermischt, die Mischung zu einem grünen Formkörper verformt, das thermoplastische Harz entfernt und anschließend diesen Grünlings zu dem Formkörper versintert. Gemäß der EP-PS 125 912 wird der Grünlings vor seiner Sinterung zu seiner im wesentlichen endgültigen Gestalt bearbeitet. Als thermoplastisches Harz bzw. Bindemittel werden z.B.

20 Polystyrol, Polypropylen, Polyethylen und Ethylen-Vinylacetat-Copolymere eingesetzt. Diese Bindemittel werden aus dem Grünlings durch Erhitzen auf Temperaturen von 300 bis 550 °C während 3 bis 8 Stunden entfernt. Dabei werden die Bindemittel thermisch gespalten. Es muß sehr vorsichtig und langsam auf diese Temperaturen erhitzt werden, damit der Grünlings nicht durch unkontrollierten Zerfall der organischen Substanz und damit verbundener Rißbildung geschädigt wird. Aus diesem Grunde soll die Aufheiztemperatur nur 4 °C/Stunde betragen. In der US-PS 4 671 912 werden sogar niedrigere Aufheiztemperaturen von 1 bis 2 °C/Stunde, zumindest solange, bis die Hälfte des Bindemittels entfernt ist, empfohlen. Diese langen Aufheizperioden von mehreren Tagen vermindern die Wirtschaftlichkeit dieser Verfahren stark.

25 Zur Beschleunigung der Aufheizzeiten wird in der EP-PS 115 104 empfohlen, als Bindemittel ein Gemisch aus einem oxidierten Paraffinwachs oder einem oxidierten mikrokristallinen Wachs mit einer höheren Fettsäure einzusetzen. In der EP-PS 114 746 werden thermoplastische Massen beschrieben, die nichtmetallische Pulver enthalten. Das für die Entfernung des Bindemittels beschriebene Verfahren führt bei Massen, die Metallpulver oder Pulver von Metalllegierungen enthalten, zu nicht völlig zufriedenstellenden Ergebnissen.

30 Ein Nachteil bei allen diesen Verfahren, bei denen Thermoplaste oder Wachse eingesetzt werden, besteht darin, daß der Grünlings zwecks pyrolytischer Entfernung des Bindemittels auf Temperaturen oberhalb des Erweichungspunktes des Bindemittels erhitzt werden muß, wodurch die Gefahr einer Verformung besteht. Zur Vermeidung einer solchen Verformung wird daher in der US-PS 4 708 838 und in der JP-OS 62/12674 vorgeschlagen, den Grünlings in einem keramischen Pulver mit hoher thermischer Stabilität einzubetten.

35 40 Es ist aber auch bekannt, das Bindemittel aus dem Grünlings nicht pyrolytisch sondern durch Extraktion mit einem Lösungsmittel zu entfernen. Gemäß der JP-OS 62/278160 wird als Lösungsmittel überkritisches Kohlendioxid bei 60 °C und einen Druck von 200 kg/cm<sup>2</sup>, gemäß der EP-PS 206 685 flüssiges Kohlendioxid bei Temperaturen von -30 °C bis 31,1 °C eingesetzt. Für die Durchführung dieser Verfahren benötigt man jedoch spezielle Druckapparaturen.

45 50 In den deutschen Patentanmeldungen P 39 26 869 und P 40 00 278 werden Verfahren zur Herstellung eines anorganischen Sinterformteils durch Verformen eines Gemisches aus einem sinterbaren anorganischen Pulver und Polyoxymethylen (z.B. gemäß EP-A 114 746) als Bindemittel durch Spritzgießen oder Strangpressen zu einem Grünlings, Entfernung des Bindemittels und Sintern beschrieben, wobei man das Polyoxymethylen durch Behandeln des Grünlings in einer gastörmigen, säurehaltigen Atmosphäre entfernt. Als Säuren werden bei diesem Verfahren Protonensäuren eingesetzt, also Säuren, die bei Reaktion mit Wasser in ein Proton (hydratisiert) und ein Anion gespalten werden, oder BF<sub>3</sub> oder dessen Etherate eingesetzt.

Bei Verwendung von reinem Polyoxymethylen mit geringem Comonomeranteil als Bindemittel in den Verfahren der vorstehend genannten älteren deutschen Patentanmeldungen bei der Herstellung von Formkörpern bzw. Formteilen mit größeren Wandstärken tritt jedoch ein Problem auf, welches durch die hohe Kristallisationsgeschwindigkeit des Polyoxymethylen hervorgerufen wird. Die Schmelze erstarrt an der Wand der beim Spritzgießen verwendeten, normalerweise gekühlten Form schneller als im Inneren, d.h. der innere Bereich des Formkörpers kristallisiert später als der äußere Teil. Da die Kristallisation von einer

EP 0 465 940 A2

Volumenkontraktion begleitet ist, entstehen Risse im Inneren des Formkörpers, da die bereits erstarrten Außenteile der Volumenkontraktion nicht mehr folgen können.

In der bereits genannten EP-A 114 746 wird vorgeschlagen, vorzugsweise ein Polyoxymethylenecopolymerisat mit 20 bis 80 Mol.% Comonomeranteil zu verwenden. Derartige Copolymerisate weisen einen niedrigeren Schmelzpunkt, eine niedrigere Kristallinität und eine erhöhte Weichheit und Flexibilität gegenüber den entsprechenden Polyoxymethylenhomopolymerisaten auf.

5 Dies hat jedoch auch zur Folge, daß die Abkühlzeiten deutlich verlängert und die Klebeneigung des Formteils in der Form erhöht wird. Die Entbinderung muß wegen der niedrigeren Schmelzpunkte der Copolymerisate auch bei niedrigeren Temperaturen vorgenommen werden, wodurch die zur Entbinderung benötigte Zeit länger wird.

10 Der vorliegenden Erfindung lag daher die Aufgabe zugrunde, thermoplastische Massen für die Herstellung metallischer Formkörper zur Verfügung zu stellen, die die vorstehend beschriebenen Nachteile nicht aufweisen und aus denen in wirtschaftliche Verfahren riß- und porenfreie metallische Formkörper hergestellt werden können.

15 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch thermoplastische Massen gemäß Anspruch 1. Bevorzugte Massen dieser Art sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Als Komponente A) enthalten die erfindungsgemäßen thermoplastischen Massen 40 bis 70, vorzugsweise 45 bis 60 Vol.% eines pulverförmigen Metalls oder einer pulverförmigen Metalllegierung oder deren Mischungen.

20 Als Metalle, die in Pulverform enthalten sein können, seien nur beispielsweise Eisen, Cobalt, Nickel und Silizium genannt; Legierungen sind z.B. Leichtmetalllegierungen auf der Basis von Aluminium und Titan sowie Legierungen mit Kupfer oder Bronze. Schließlich kommen auch Hartmetalle wie Wolframcarbid, Borcarbid oder Titanitrid in Kombination mit Metallen wie Cobalt und Nickel in Betracht. Letztere können bei der Herstellung von metallgebundenen Hartschneidwerkzeugen (sog. Cermets) eingesetzt werden.

25 Ein Teil der Komponente A), vorzugsweise nicht mehr als 50 Gew.-%, insbesondere 5 bis 20 Gew.-%, bezogen auf die Komponente A) kann durch anorganische Fasern oder Whisker ersetzt werden, z.B. aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiC}$  oder  $\text{Si}_3\text{N}_4$ .

Als Komponente B) enthalten die erfindungsgemäßen thermoplastischen Massen 35 bis 60, vorzugsweise 40 bis 55 Vol.% einer Mischung aus

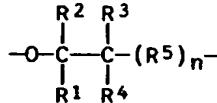
30 B1) 50 bis 100, vorzugsweise 80 bis 98, insbesondere 85 bis 98 Gew.-%, bezogen auf B), eines Polyoxymethylenhomo- oder -copolymerisats und

B2) 0 bis 50, vorzugsweise 2 bis 20, insbesondere 2 bis 15 Gew.-% eines mit B1) nicht mischbaren Polymerisats, das sich thermisch ohne Rückstand entfernen läßt oder eine Mischung solcher Polymeren als Bindemittel.

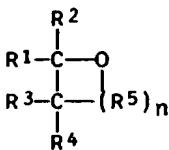
35 Die Polyoxymethylenhomo- oder -copolymerisate sind dem Fachmann an sich bekannt und in der Literatur beschrieben.

Die Homopolymeren werden im allgemeinen durch Polymerisation von Formaldehyd oder Trioxan hergestellt, vorzugsweise in der Gegenwart von geeigneten Katalysatoren.

40 Im Rahmen der Erfindung bevorzugte Polyoxymethylenecopolymerische enthalten neben den wiederkehrenden Einheiten  $-\text{OCH}_2-$  noch bis zu 50, vorzugsweise 0,1-20 und insbesondere 0,3-10 mol.% an wiederkehrenden Einheiten

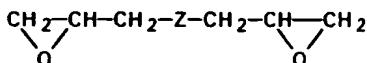


wobei  $\text{R}1$  bis  $\text{R}4$  unabhängig voneinander ein Wasserstoffatom, eine  $\text{C}_1\text{-C}_4$ -Alkylgruppe oder eine halogen-substituierte Alkylgruppe mit 1-4 C-Atomen und  $\text{R}5$  eine  $-\text{CH}_2-$ ,  $-\text{CH}_2\text{O}-$ , eine durch  $\text{C}_1\text{-C}_4$ -Alkyl- oder  $\text{C}_1\text{-C}_4$ -Haloalkyl substituierte Methylengruppe oder eine entsprechende Oxymethylengruppe darstellen und  $n$  einen Wert im Bereich von 0-3 hat. Vorteilhafterweise können diese Gruppen durch Ringöffnung von cyclischen Ethern in die Copolymeren eingeführt werden. Bevorzugte cyclische Ether sind solche der Formel



wobei  $\text{R}^1$ - $\text{R}^5$  und  $n$  die oben genannte Bedeutung haben. Nur beispielsweise seien Ethylenoxid, 1,2-10 Propylenoxid, 1,2-Butylenoxid, 1,3-Butylenoxid, 1,3-Dioxan, 1,3-Dioxolan und Dioxepan als cyclische Ether genannt sowie lineare Oligo- oder Polyformale wie Polydioxolan oder Polydioxepan als Comonomere genannt.

Als Komponente B1) ebenfalls geeignet sind Oxymethylenterpolymerisate, die beispielsweise durch Umsetzung von Trioxan, einem der vorstehend beschriebenen cyclischen Ether und einem dritten Monomeren, vorzugsweise einer bifunktionellen Verbindung der Formel



20

wobei Z eine chemische Bindung, -O- oder -ORO- ( $\text{R} = \text{C}_1\text{-C}_8\text{-Alkylen}$  oder  $\text{C}_3\text{-C}_8\text{-Cycloalkylen}$ ) ist, hergestellt werden.

Bevorzugte Monomere dieser Art sind Ethyleniglycid, Diglycidylether und Diether aus Glycidylen und 25 Formaldehyd, Dioxan oder Trioxan im Molverhältnis 2 : 1 sowie Diether aus 2 mol Glycidylverbindung und 1 mol eines aliphatischen Diols mit 2-8 C-Atomen wie beispielsweise die Diglycidylether von Ethylenglykol, 1,4-Butandiol, 1,3-Butandiol, Cyclobutan-1,3-diol, 1,2-Propandiol und Cyclohexan-1,4-diol um nur einige Beispiele zu nennen.

Verfahren zur Herstellung der vorstehend beschriebenen Homo- und Copolymerisate sind dem Fachmann bekannt und in der Literatur beschrieben, so daß sich hier nähere Angaben erübrigen.

Die bevorzugten Polyoxymethylenhomo- bzw. Copolymerisate haben Schmelzpunkte von mindestens 150 °C und Molekulargewichte (Gewichtsmittelwert) im Bereich von 5000 bis 150000, vorzugsweise von 7000 bis 60000.

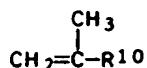
Als Komponente B2) eignen sich grundsätzlich Polymerisate, die mit dem Polyoxymethylenhomo- oder 35 -copolymerisat B1) nicht mischbar sind.

Bevorzugte Polymerisate dieser Art sind Polyolefine, vinylaromatische Polymere, Polymerisate von Vinylestern aliphatischer  $\text{C}_1\text{-C}_8\text{-Carbonsäuren}$ , Polymerisate von Vinylalkylethern mit 1 bis 8 C-Atomen in der Alkylgruppe oder Polymerisate von Methacrylsäureestern mit mindestens 70 Gew.-% Einheiten, die sich von Methacrylsäureestern ableiten oder deren Mischungen.

40 Als Polyolefine seien solche mit 2 bis 8 C-Atomen, insbesondere 2 bis 4 C-Atomen genannt sowie deren Copolymerisate. Besonders bevorzugt seien Polyethylen und Polypropylen sowie deren Copolymeren genannt, wie sie dem Fachmann bekannt und kommerziell erhältlich sind, beispielsweise unter dem Handelsnamen Lupolen® bzw. Novolen® von der BASF AG. Als vinylaromatische Polymerisate seien nur stellvertretend Polystyrol und Poly- $\alpha$ -methylstyrol sowie deren Copolymeren mit bis zu 30 Gew.-% Comonomeren aus der Gruppe der Acrylsäureester sowie Acryl- bzw. Methacrylnitril genannt. Auch derartige Polymere sind kommerziell im Handel erhältlich, so daß sich hier nähere Angaben erübrigen.

Beispielhaft für Polymerisate von Vinylestern aliphatischer Carbonsäuren mit 1 bis 8 C-Atomen seien Polyvinylacetat und Polyvinylpropionat genannt, für Polymerisate von Vinylalkylethern Polyvinylmethylether und Polyvinylethylether.

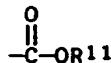
50 Als letzte Gruppe von Polymerisaten B2) seien Polymerisate von Methacrylsäureestern genannt, die sich zu 70 - 100 Gew.-% aus Einheiten, die sich von Monomeren der Formel I



I

ableiten, aufbauen.

R<sup>10</sup> steht dabei für einen Rest der Formel



wobei R<sup>11</sup> eine Alkylgruppe mit 1 - 14 C-Atomen darstellt, insbesondere eine -CH<sub>3</sub>- oder C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>-Gruppe.

Als Comonomere können vorteilhaft 0 bis 30, vorzugsweise 0 bis 20 Gew.-% an Acrylsäureestern, insbesondere Ethylacrylat oder Methylacrylat enthalten sein.

Derartige aus den Monomeren der Formel I und gegebenenfalls weiteren Monomeren, vorzugsweise Acrylsäureestern aufgebaute Polymere können nach bekannten Polymerisationsverfahren vorzugsweise radikalisch, beispielsweise durch Emulsions- bzw. Perl-, Lösungs- oder Substanzpolymerisation hergestellt werden (vgl. Kirk-Othmer, Encyclopædia of Chemical Technology 3rd Ed., Vol. 1, pp. 330 - 342, Vol. 18, pp. 720 - 755, J. Wiley; H. Rauch-Puntigam, Th. Völker, Acryl- und Methacrylverbindungen). Als Initiator kommen, abhängig von den Monomeren und dem Polymerisationstyp, Radikal-Initiatoren wie Peroxyverbindungen und Azoverbindungen in Frage, wobei die Initiator-Mengen im allgemeinen im Bereich von 0,001 bis 0,5 Gew.-%, bezogen auf die Monomeren, liegen.

Für die Emulsionspolymerisation kommen z.B. Peroxydisulfate oder gegebenenfalls Redoxsysteme, für die Substanzpolymerisation sowohl Peroxide wie Dibenzoylperoxid oder Dilauroylperoxid, als Azoverbindungen z.B. Azoisobutyronitril in Betracht, ebenso bei der Lösungspolymerisation oder Perlpolymerisation. Zur Regelung des Molekulargewichts können die üblichen Regler, insbesondere Mercaptane, z.B. Dodecylmercaptan angewendet werden.

Vorzugsweise erfolgt die Polymerisation bei erhöhter Temperatur z.B. oberhalb 50 °C. Das Molekulargewicht (Gewichtsmittelwert) liegt im allgemeinen im Bereich von 2000 bis 5 000 000 vorzugsweise 20 000 bis 3 000 000 (Bestimmung durch Lichtstreuung: vgl. Houben-Weyl, Methoden der Org. Chemie, 4. Auflage, Bd. 14/1, Georg Thieme-Verlag Stuttgart 1961).

Als Komponente C) können die erfindungsgemäßen thermoplastischen Massen 0 - 5, vorzugsweise 1 - 5 Vol.-% eines Dispergierhilfsmittels enthalten. Beispielhaft seien hier nur oligomeres Polyethylenoxid mit einem mittleren Molekulargewicht von 200 - 600, Stearinsäure, Stearinsäureamid, Hydroxistearinsäure, Fettalkohole, Fettalkoholsulfonate und Blockcopolymere aus Ethylen- und Propylenoxid genannt.

Zusätzlich können die thermoplastischen Massen auch übliche Zusatzstoffe und Verarbeitungshilfsmittel, die die rheologischen Eigenschaften der Mischungen bei der Verformung günstig beeinflussen, enthalten.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen thermoplastischen Massen erfolgt nach dem erfindungsgemäßen Verfahren durch Aufschmelzen der Komponente B), vorzugsweise in einem Zweischnckenextruder, bei Temperaturen von vorzugsweise 150 bis 220 °C, insbesondere 170 bis 200 °C. Die Komponente A) wird anschließend bei Temperaturen im gleichen Bereich, in der erforderlichen Menge zu dem Schmelzestrom der Komponente B) dosiert. Vorteilhafterweise enthält die Komponente A) auf der Oberfläche das oder die Dispergierhilfsmittel C).

Eine besonders bevorzugte Vorrichtung zur Dosierung der Komponente A) enthält als wesentliches Element eine in einem heizbaren Metallzylinder befindliche Förderschnecke, die die Komponente A) in die Schmelze der Komponente B) fördert.

Das vorstehend beschriebene Verfahren hat gegenüber der Mischung der Komponenten bei Raumtemperatur und anschließender Extrusion unter Temperaturerhöhung den Vorteil, daß eine Zersetzung des als Bindemittel eingesetzten Polyoxyethylens infolge der bei dieser Variante auftretenden hohen Scherkräfte weitgehend vermieden wird.

Für die Verformung durch Spritzguß können die üblichen Schnecken- und Kolbenspritzgußmaschinen eingesetzt werden. Die Verformung erfolgt im allgemeinen bei Temperaturen von 175 bis 200 °C und Drucken von 3000 bis 20 000 kPa in Formen, die eine Temperatur von 60 - 120 °C aufweisen.

Die Extrusion zu Rohren, Stangen und Profilen erfolgt vorzugsweise bei 170 bis 200 °C.

Zur Entfernung des Bindemittels (Entbinderung) werden die nach der Verformung enthaltenen Grünkörper vorzugsweise zunächst in Anlehnung an das Verfahren der älteren deutschen Patentanmeldungen P 39 29 869 bzw. 40 00 278 mit einer gasförmigen säurehaltigen Atmosphäre behandelt.

Diese Behandlung erfolgt nach dem erfindungsgemäßen Verfahren bei Temperaturen im Bereich von 20 bis 180 °C über einen Zeitraum von 0,1 bis 24 h, vorzugsweise 0,5 bis 12 h.

Geeignete Säuren für die Behandlung in dieser ersten Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens sind anorganische, bei Raumtemperatur bereits gasförmige, zumindest aber bei der Behandlungstemperatur verdampfbare Säuren. Beispielhaft seien die Halogenwasserstoffsäuren und HNO<sub>3</sub> genannt. Geeignete

## EP 0 465 940 A2

organische Säuren sind solche, die bei Normaldruck eine Siedetemperatur von weniger als 130 °C haben, z.B. Ameisensäure, Essigsäure oder Trifluoressigsäure oder deren Mischungen.

Weiterhin geeignet als Säure sind  $\text{BF}_3$  oder dessen Addukte an organische Ether. Ganz allgemeinen 5 hängt die erforderliche Behandlungsdauer von der Behandlungstemperatur und der Konzentration der Säure in der Behandlungsatmosphäre ab.

Wird ein Trägergas verwendet, so wird dies im allgemeinen vorher durch die Säure geleitet und mit dieser beladen. Das so beladene Trägergas wird dann auf die Behandlungstemperatur gebracht, die zweckmäßigerweise höher als die Beladungstemperatur ist, um eine Kondensation der Säure zu vermeiden.

Bevorzugt wird die Säure über eine Dosiereinrichtung dem Trägergas zugemischt und die Mischung so 10 weit erwärmt, daß die Säure nicht mehr kondensieren kann.

Die Behandlung in der ersten Stufe wird so lange durchgeführt, bis der Polyoxymethylenanteil B1) des Bindemittels zu mindestens 80 %, vorzugsweise zu mindestens 90 Gew.-%, entfernt ist. Dies läßt sich leicht an der Gewichtsabnahme erkennen. Anschließend wird das so erhaltene Produkt 0,1 bis 12, vorzugsweise 0,3 bis 6 h auf 250 bis 500, vorzugsweise 350 bis 450 °C erhitzt, um den noch vorhandenen Rest des 15 Bindemittels vollständig zu entfernen.

Das so vom Bindemittel befreite Produkt kann in üblicher Weise durch Sintern in einen metallischen Formkörper überführt werden.

Die erfindungsgemäßen thermoplastischen Massen haben den Vorteil, daß die daraus hergestellten Grünkörper bzw. metallischen Formkörper auch bei großen Wandstärken frei von Rissen und Poren sind. 20 Zusätzlich ist als Vorteil zu werten, daß die Entfernung des Bindemittels im Prinzip in zwei Stufen erfolgt. Zunächst wird das Polymerisat B1) bei relativ niedrigen Temperaturen durch hydrolytischen Abbau entfernt, wobei der größte Teil des Polymerisats B2) verbleibt. Die danach erhaltenen Produkte (Weißkörper) sind relativ stabil und können problemlos gehandhabt oder transportiert werden. Die Entfernung des Rests an Polymer B2) kann dann vorzugsweise thermisch bei Temperaturen von 250 bis 500 °C 25 erfolgen.

### Beispiel 1

In einen Doppelwellenextruder mit 30 mm Wellendurchmesser wurden 5,0 kg/h eines Polyoxymethylen, das 2,5 Gew.-% Butandioformal als Comonomeres enthielt und 0,6 kg/h eines Standard-Polyethylen mit niedriger Dichte (Dichte = 0,917 g/ml), MFI 190/2,16 = 20 g/10 min (best. nach DIN 53 735) und niedriger Schmelzviskosität dosiert. Das Material wurde bei 180 °C aufgeschmolzen, die Wellendrehzahl betrug 70 Upm.

In einen seitlich an diesen Extruder angeflanschten Extruder, der mit einer Förderwendel für Pulver 35 ausgerüstet war, wurden 45 kg/h Eisenpulver, das 0,25 Gew.-% eines Polyethylenoxids der Molmasse 400 als Dispergator enthielt, dosiert und bis zum Ende der Förderschnecke auf 170 °C erwärmt.

Am Ende der Förderstrecke wurde das Metallpulver mit dem Schmelzestrom vermischt, die Mischung geschert, homogenisiert und als Stränge durch Düsen gepreßt. Die Stränge wurden in einem Luftstrom abgekühlt und granuliert. Das so erhaltene Granulat enthielt 57 Vol.-% Eisenpulver.

40 Es wurde im Zylinder einer Schneckenspritzgußmaschine bei 180 °C aufgeschmolzen und in eine Form mit einer Wandtemperatur von 120 °C gespritzt, um Scheiben von einem Durchmesser von 80 mm und einer Dicke von 4 mm herzustellen. Die Röntgendiffraktion dieser Scheiben zeigte weder Risse noch Poren.

Die sich anschließende Entbinderung wurde in einem nahezu dichten Trockenschrank mit einem 45 Volumen von 50 l durchgeführt. Die Atmosphäre innerhalb des Trockenschanks wurde mittels eines Ventilators stark umgewälzt, um eine konstante Temperatur im gesamten Volumen und eine gute Wärmeübertragung auf den zu entbindenden Körper zu erreichen.

Der Trockenschrank wurde mit einer der zu entbindenden Scheiben bestückt und zwar so, daß die Scheibe an einem Draht aufgehängt wurde, der durch das Gehäuse nach oben geführt und mit einer Waage 50 verbunden war, um den Gewichtsverlust kontinuierlich zu messen. Danach wurde der Schrank 20 Minuten lang mit einem Stickstoffstrom von 400 l/h durchströmt, um die Luft bis zu einem  $\text{O}_2$ -Gehalt von unter 2 % zu verdrängen. Gleichzeitig wurde die Atmosphäre im Trockenschrank auf 120 °C aufgeheizt. Die Entbinderung wurde mit dem Zudosieren von 25 g/h 100 %iger Salpetersäure zum Stickstoffstrom von 400 l/h gestartet, so daß die Konzentration der Salpetersäure im dosierten Gasstrom ca. 2 Vol.-% betrug.

55 Bei einem Ausgangsgewicht der Scheibe von 102,0 g betrug der Eisenanteil 88,7 Gew.-% entsprechend 90,5 g, der Anteil an Binder und Dispergator 11,3 Gew.-% entsprechend 11,5 g. Der Anteil an Polyoxymethylen war 9,9 Gew.-% entsprechend 10,1 g. Die folgende Tabelle zeigt die Gewichtsabnahme als Funktion der Zeit.

EP 0 465 940 A2

	Zeit (min)	Gewichtsabnahme (g)	Entbinderungsgrad (%)
5	0	0	0
	10	2,85	24,8
	20	4,75	41,3
	30	6,16	53,6
	40	7,21	62,7
	50	8,29	72,1
	60	9,40	81,7
	70	10,26	89,2
10	80	10,26	89,2

Die Gewichtsabnahme nach 80 min bei 120 °C entsprach etwa dem Anteil des im Bindemittel enthaltenen Polyoxymethylencopolymerisats.

15 Danach wurde die Scheibe in einem Kammerofen mit einer Aufheizgeschwindigkeit von 40 °C/min auf 400 °C erhitzt und 1 h bei dieser Temperatur gehalten. Dabei nahm das Gewicht um weitere 1,24 g ab, entsprechend einem Entbinderungsgrad von 100 %. Die Scheibe zeigte weder Dimensionsänderungen noch Risse.

20 Beispiel 2

In einen Doppelwellenextruder mit 30 mm Wellendurchmesser wurden 5,0 kg/h eines Polyoxymethylens, das 2,5 Gew.-% Butandiolformal als Comonomeres enthielt und 0,5 kg/h eines hochtaktischen Polypropylenhomopolymers (Dichte = 0,908 g/ml; MFI 230/2,16 = 12 g/10 min, nach DIN 53 735) dosiert.

25 Das Material wurde bei 180 °C aufgeschmolzen, die Wellendrehzahl betrug 70 Upm.

In einen seitlich an diesen Extruder angeflanschten Extruder, der mit einer Förderwendel für Pulver ausgerüstet war, wurden 11,6 kg/h Siliziumpulver mit einem mittleren Partikeldurchmesser von 5 µm, das 1,0 Gew.-% eines Polyethylenoxids der Molmasse 400 als Dispergator enthielt, dosiert und bis zum Ende der Förderschnecke auf 170 °C erwärmt.

30 Am Ende der Förderstrecke wurde das Metallpulver mit dem Schmelzestrom vermischt, die Mischung geschert, homogenisiert und als Stränge durch Düsen gepreßt. Die Stränge wurden in einem Luftstrom abgekühlt und granuliert. Das so erhaltene Granulat enthielt 54 Vol.-% Siliziumpulver.

Es wurde im Zylinder einer Schneckenspritzgußmaschine bei 180 °C aufgeschmolzen und in eine Form mit einer Wandtemperatur von 120 °C gespritzt, um Scheiben von einem Durchmesser von 80 mm und einer Dicke von 4 mm herzustellen.

Die sich anschließende Entbinderung wurde in einem nahezu dichten Trockenschrank mit einem Volumen von 50 l durchgeführt. Die Atmosphäre innerhalb des Trockenschanks wurde mittels eines Ventilators stark umgewälzt, um eine konstante Temperatur im gesamten Volumen und eine gute Wärmeübertragung auf den zu entbindernden Körper zu erreichen.

40 Der Trockenschrank wurde mit einer der zu entbindernden Scheiben bestückt und zwar so, daß die Scheibe an einem Draht aufgehängt wurde, der durch das Gehäuse nach oben geführt und mit einer Waage verbunden war, um den Gewichtsverlust kontinuierlich zu messen. Danach wurde der Schrank 20 Minuten lang mit einem Stickstoffstrom von 400 l/h durchströmt, um die Luft bis zu einem O<sub>2</sub>-Gehalt von unter 2 % zu verdrängen. Gleichzeitig wurde die Atmosphäre im Trockenschrank auf 150 °C aufgeheizt. Die Entbinderung wurde mit dem Zudosieren von 10 l/h BF<sub>3</sub> zum Stickstoffstrom von 400 l/h gestartet, so daß die Konzentration des BF<sub>3</sub> im dosierten Gasstrom 2,5 Vol.-% betrug.

Bei einem Ausgangsgewicht der Scheibe von 37,5 g betrug der Siliziumanteil 67,4 Gew.-% entsprechend 25,3 g, der Anteil an Binder und Dispergator 32,6 Gew.-% entsprechend 12,2 g. Der Anteil an Polyoxymethylen betrug 29,0 Gew.-% entsprechend 10,9 g. Die folgende Tabelle zeigt die Gewichtsabnahme als Funktion der Zeit.

	Zeit (min)	Gewichtsabnahme (g)	Entbinderungsgrad (%)
5	0	0	0
	5	3,36	27,5
	10	5,28	43,0
	15	6,79	55,7
	20	7,98	65,4
	25	9,11	74,6
10	30	10,18	83,4
	35	11,15	91,4
	40	11,15	91,4

Wiederum entspricht die Gewichtsabnahme nach der säurekatalysierten Behandlung etwa dem Anteil des Polyoxymethylencopolymerisats B1) im Bindemittel.

15 Danach wurde die Scheibe in einem Kammerofen mit einer Aufheizgeschwindigkeit von 40 °C/min auf 400 °C erhitzt und 1 h bei dieser Temperatur gehalten. Dabei nahm das Gewicht um weitere 1,05 g ab, entsprechend einem Entbinderungsgrad von 100 %. Die Scheibe zeigte weder Dimensionsänderungen noch Risse.

20 **Patentansprüche**

1. Thermoplastische Massen für die Herstellung metallischer Formkörper, enthaltend
  - 25 40 - 70 Vol.% eines sinterbaren pulverförmigen Metalls oder einer pulverförmigen Metalllegierung oder deren Mischungen,
  - B) 30 - 60 Vol.% einer Mischung aus
    - 25 50 - 100 Gew.-% eines Polyoxymethylenhomo- oder -copolymerisats und
    - B2) 0 - 50 Gew.-% eines mit B1) nicht mischbaren Polymerisats, das sich thermisch ohne Rückstand entfernen lässt oder eine Mischung solcher Polymeren
  - 30 C) 0 - 5 Vol.% eines Dispergierhilfsmittels.
2. Thermoplastische Massen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Komponente B2) Polyolefine, vinylaromatische Polymere, Polymerisate von Vinylestern aliphatischer C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Carbonsäuren, Polymerisate von Vinylalkylethern mit 1 bis 8 C-Atomen in der Alkylgruppe oder Polymerisate von Methacrylsäureestern mit mindestens 70 Gew.-% Einheiten, die sich von Methacrylsäureestern ableiten, oder deren Mischungen enthalten sind.
3. Verwendung der thermoplastischen Massen nach den Ansprüchen 1 - 2 zur Herstellung von metallischen Formkörpern.
4. Metallische Formkörper, hergestellt aus thermoplastischen Massen gemäß den Ansprüchen 1 - 2.
5. Verfahren zur Herstellung einer thermoplastischen Masse, enthaltend als wesentliche Komponenten
  - 45 A) 40 - 70 Vol.% eines sinterbaren pulverförmigen Metalls oder einer pulverförmigen Metalllegierung oder deren Mischungen,
  - B) 30 - 60 Vol.% einer Mischung aus
    - 45 50 - 100 Gew.-% eines Polyoxymethylenhomo- oder -copolymerisats und
    - B2) 0 - 50 Gew.-% eines mit B1) nicht mischbaren Polymerisats, das sich thermisch ohne Rückstand entfernen lässt oder eine Mischung solcher Polymeren
  - 50 C) 0 - 5 Vol.% eines Dispergierhilfsmittels,
 

dadurch gekennzeichnet, daß man

    - 55 a) die Komponente B) bei Temperaturen von 150 - 220 °C aufschmilzt und anschließend
    - b) die Komponente A) gegebenenfalls zusammen mit C) bei Temperaturen im gleichen Bereich wie in Schritt a) zu dem Schmelzstrom der Komponente B) dosiert.
6. Verfahren zur Entfernung des Bindemittels aus einem Formkörper aus einer thermoplastischen Masse gemäß den Ansprüchen 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, daß man

**EP 0 465 940 A2**

- a) durch Spritzguß oder Extrusion einen Formkörper aus der thermoplastischen Masse herstellt,
- b) den so erhaltenen Formkörper bei einer Temperatur im Bereich von 20 bis 180 °C 0,1 - 24 h mit einer gasförmigen säurehaltigen Atmosphäre behandelt und
- c) anschließend 0,1 - 12 h auf eine Temperatur von 250 - 500 °C erhitzt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55